

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 91 (1973)  
**Heft:** 49

**Artikel:** Vorgespannte Flachdecken im Lagerhaus Schöntalhof, Rapperswil  
**Autor:** Stamm, Kurt / Kaegi, Ralph  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-72070>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Vorgespannte Flachdecken im Lagerhaus Schöntalhof, Rapperswil

Von Kurt Stamm und Ralph Kaegi, Zürich

DK 624.073:691.328

Im ersten Teil werden die Grundgedanken erläutert, die zu einer neuartigen Flachdecken-Vorspannung mit «Stützstreifen-Vorspannung» geführt haben. Bei diesem Verfahren werden die Spannkabel nur in schmalen Streifen angeordnet, die über den Stützen durchlaufen, während die dazwischenliegenden Deckenzonen auf Biegung mit Normaldruck schlaff bewehrt werden. Die mit dieser neuen Art der Flachdecken-Vorspannung ver-

bundenen Vorteile sind vor allem in einer kräftigen Verminderung der Durchstanzbeanspruchung und des Biegemomentes über der Stütze (verglichen mit konventionellen Lösungen) begründet.

Im zweiten Teil wird die Anwendung der Stützstreifen-Vorspannung in einem Lagerhaus-Neubau beschrieben. Neben den Überlegungen, die zur Wahl des ausgeführten Systems geführt haben, werden vor allem konstruktive Fragen dargestellt.

### 1. Einleitung

Hochbelastete Massivdecken des Industriebaus wurden zu Beginn der Ära des Eisenbetons in der Regel auf einem System von *Unterzügen*, die sich in den Stützen kreuzen, gelagert. Einen wesentlichen Schritt in Richtung von punktgelagerten Decken bedeutete dann die Einführung der bekannten unterzugslosen *Pilzdecken* durch R. Maillart im Jahre 1910.

Die heute gebräuchlichen unterzugs- und pilzlosen *Flachdecken* scheinen in dieser Entwicklung einen vorläufigen Endpunkt darzustellen. Diese Ausführungsart kommt den Wünschen des Architekten und den Forderungen nach einer rationellen Herstellung optimal entgegen. Sowohl in statisch-konstruktiver wie auch in ausführungstechnischer Hinsicht sind Flachdecken jedoch anspruchsvolle Gebäudeteile.

Die Anwendung der *Vorspanntechnik* auf die Konstruktion von weitgespannten und hochbelasteten Flachdecken bringt häufig beachtliche technische und wirtschaftliche Vorteile, aber erst durch eine sinnreiche Anordnung der Spannglieder gelingt es, die Vorteile vollständig auszunutzen. Interessanterweise nähert man sich dabei gedanklich wieder dem Modell der in beiden Richtungen gespannten Platte, die durch die über den Stützen sich kreuzenden Unterzüge gestützt wird.

### 2. Hauptmerkmale der «Stahlton-Stützstreifen-Vorspannung»

Die bekannten Vorzüge vorgespannter Betonkonstruktionen werden im Hochbau nur in geringem Umfang genutzt. Wenn beispielsweise im Freivorbau bei vorgespannten Betonbrücken der Vorbauwagen schon nach zwei Tagen vorgeschoben werden kann, ist dies nur dank der frühzeitig entlastend wirkenden Vorspannkraft möglich. In geringerem, doch merklichem Ausmass können auch im Hochbau die *Ausschulfristen* durch die Verwendung der Vorspanntechnik verkürzt werden, ein Vorteil, der mit dem Aufkommen von Taktver-

fahren auch im Hochbau ständig höher bewertet wird. Vorgespannte Flachdecken zeichnen sich überdies durch ausserordentlich kleine Deckenverformungen, durch geringe Deckenstärken und durch Rissefreiheit aus.

Dass diese Vorteile schon bei kleinen Spannweiten ins Gewicht fallen können, zeigt sich am nachstehend beschriebenen Objekt. Sollen Flachdecken mit grösseren Spannweiten verwirklicht werden, wird die Anwendung der Vorspanntechnik noch vorteilhafter ausfallen.

#### 2.1 Vorspannen von Flachdecken

Um die Wirkungsweise der Vorspannung von Flachdecken (punktgestützte Platten) zu veranschaulichen, betrachten wir zunächst einen Plattenausschnitt (Bild 1). Ein Spannkabel verläuft darin innerhalb eines Hüllrohres zunächst seilförmig durchhängend zu den Wendepunkten, und von da an, nun nach oben konvex, zum Scheitelpunkt.

Wird dieses Spannkabel mit der Kraft  $V$  vorgespannt, so stösst das Kabel, im Bestreben sich wie ein Seil im Innern des Hüllrohres zu strecken, auf den Widerstand des erhärteten Betons und wird denselben durch sogenannte Umlenkräfte beanspruchen. Auf das Kabel seinerseits wirken – neben der Vorspannkraft – die Reaktionen des Betons. Aus Gleichgewichtsgründen sind die – im vorliegenden Fall vornehmlich lotrecht wirkenden – abwärts gerichteten Umlenkräfte insgesamt gleich gross wie die aufwärts gerichteten. Ein in einer Platte verlaufendes Spannkabel mit der skizzierten Gegenkrümmung wird auf die Platte somit neben entlastenden Umlenkräften immer auch (über diesen Plattenausschnitt gleich grosse) *belastende* Umlenkräfte abgeben.

#### 2.2 Flachdecken mit verteilt angeordneten Kleinspanngliedern

Bei den bisher bekannten vorgespannten Flachdecken werden die Spannkabel in kleinen Einheiten, für beide Richtungen über die ganze Decke verteilt, angeordnet. Aus der beschriebenen prinzipiellen Wirkungsweise der Vorspannung bei Flachdecken ergibt sich damit die in Bild 2 skizzierte Eigenart dieser Flachdecken-Vorspannung: In den nach oben konvexen Kabelzonen wird die Platte durch die Vorspannung *nicht entlastet sondern belastet*. Diese belastende Wirkung der Umlenkräfte ist von gleichem Betrag wie die zugehörigen, entlastenden Umlenkräfte, wirkt ähnlich einer Linienlast und hat entsprechende Biegemomente in der Platte zur Folge.

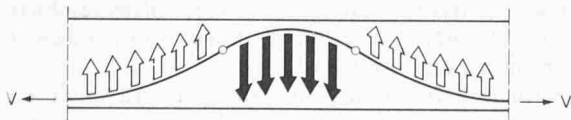


Bild 1. Umlenkräfte eines Spannkabels (lotrechte Komponenten)

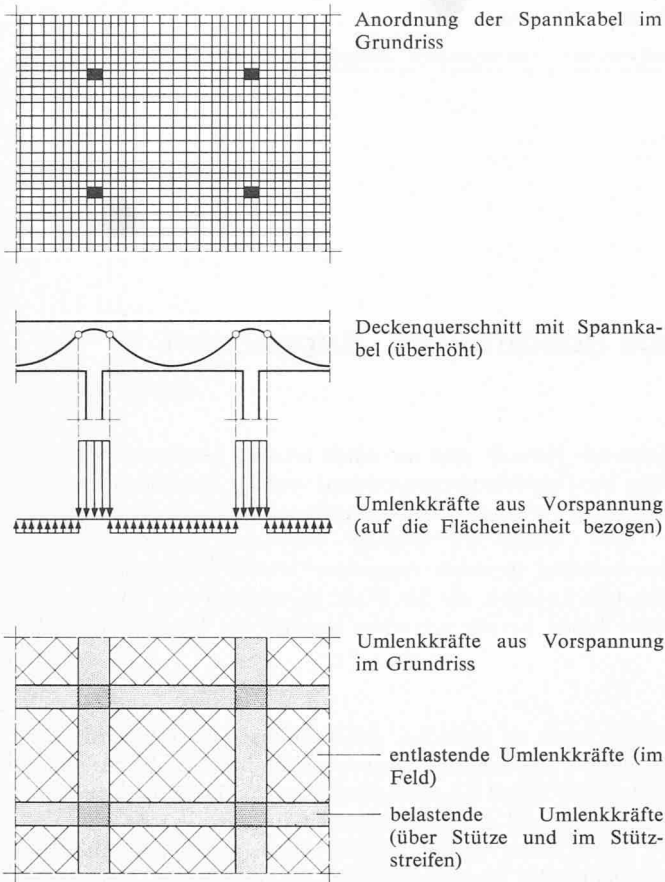


Bild 2. Flachdecke mit verteilt angeordneten Spannkabeln

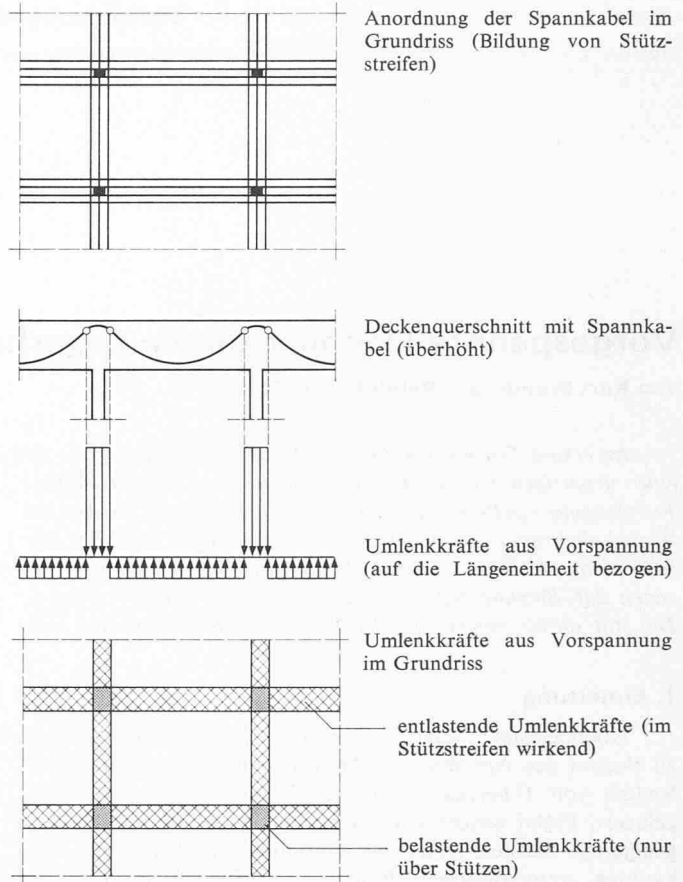


Bild 3. Flachdecke mit Stützstreifen-Vorspannung

Um diesen Nachteil wettzumachen, ist man genötigt, auch die Gegenrichtung vorzuspannen. Diese Art der Flachdecken-Vorspannung ist deshalb, statisch gesehen, nicht sehr wirkungsvoll. Wenn sie trotzdem, namentlich in den USA, weitverbreitet ist, so liegt dies insbesondere an der verlegetechnischen Einfachheit der hierfür verwendeten Kleinspannglieder, am geringen Durchmesser derselben, der die Vorspannung auch sehr schlanker Platten gestattet, sowie in der Möglichkeit, auf den Verbund der Spannkabel mit dem Beton zu verzichten, indem nur eine auf die Spannkabel applizierte Werkbeschichtung als Korrosionsschutz angeordnet wird.

Beim Hauptproblem der Flachdecken, dem *Durchstanzproblem*, zeigen sich jedoch die statischen Grenzen dieser verteilt angeordneten Spannglieder eindeutig: Die Beanspruchung auf Durchstanzungen wird nur in bescheidenem Ausmass verringert.

### 2.3 Flachdecken mit Stahlton-Stützstreifen-Vorspannung

Bei der Stützstreifen-Vorspannung werden die Spannkabel nur in schmalen, über die Stützen laufenden Streifen angeordnet (Bild 3). Die Spannkabel durchdringen so jene Deckenzone, die auf Durchstanzungen beansprucht wird. Dieser kegelförmige Deckenausschnitt über den Stützen wird im folgenden als *Durchstanzkörper* bezeichnet. Die Wendepunkte der Spannkabel werden möglichst nahe der Stützenachse angeordnet. Im Gegensatz zu Flachdecken mit verteilten Spanngliedern wird deshalb die *Platte* bei der Stützstreifen-Vorspannung durch die abwärts gerichteten Umlenkkräfte *nicht mehr aus der Vorspannung belastet*, da diese Kräfte direkt in die Stützen geleitet werden. Auf die Decke selbst wirken deshalb aus der Stützstreifen-Vorspannung *nur entlastende*, nach oben gerichtete Umlenkkräfte,

und ausserdem, von den Verankerungen der Spannkabel her, horizontale Normalkräfte. Das Platteninnere bleibt frei von Spannkabeln und wird nur schlaff bewehrt.

### 2.4 Biegemomente

Die Auswirkungen einer derartigen Spannkabel-Anordnung auf die Plattenmomente und Scheibenkräfte lassen sich nicht mehr auf elementare Weise ermitteln. Die Entwicklungsabteilung der Stahlton AG hat daher verschiedene Berechnungen mittels finiter Elemente durch die Firma Datastatic ausführen lassen und ausgewertet. Gestützt darauf sollen die grundsätzlichen Verhältnisse in ihren Tendenzen am Innenfeld einer unbegrenzten Flachdecke mit quadratischem Raster dargestellt werden. Bild 4 gibt einen Überblick über den Verlauf der Biegemomente für folgende Lastfälle: a) gleichmässig verteilte Last; b) Stützstreifen-Vorspannung; c) Überlagerung.

Folgende Feststellungen charakterisieren den Momentenverlauf einer Flachdecke mit Stützstreifen-Vorspannung:

- Die Momentenfläche aus Lastfall «Stützstreifen-Vorspannung» verläuft, mit umgekehrtem Vorzeichen, sehr ähnlich wie unter gleichmässig verteilter Belastung.
- Bei der Überlagerung von Stützstreifen-Vorspannung (Umlenkkraft pro Feld  $U = U_x + U_y = G$ ) mit gleichmässiger Belastung ( $G$ ) werden die Biegemomente im Gurtstreifen sehr stark reduziert: für den in Bild 4 dargestellten Fall verbleiben als Stützenmoment  $-1,79$  mt/m, vom Feldmoment  $0,93$  mt/m. Für das Feldmoment des Feldstreifens resultiert der Wert von  $1,92$  mt/m, während dessen Stützenmoment auf  $-4,09$  mt/m vergrössert wird. Das ursprünglich grösste negative Moment wird somit am stärksten reduziert, das ursprünglich kleinste negative Moment jedoch wird vergrössert. Die Stützstreifen-Vorspan-

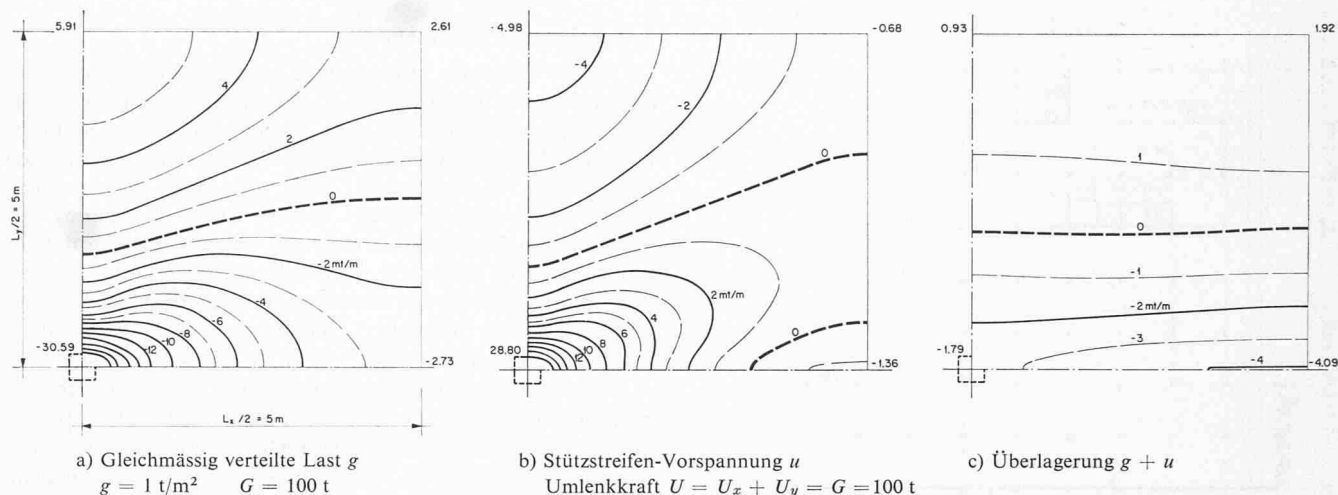


Bild 4. Verteilung der Biegemomente  $m_y$  (Definition von  $m_y$ : zugehörige Normalspannungen haben  $y$ -Richtung)

nung bewirkt also eine sehr starke Verminderung des Stützenmomentes mit einem Ausgleich der ganzen Momentenfläche.

- Die resultierende Momentenfläche verläuft mit sehr geringer Neigung über der Stütze; daher werden auch die resultierenden Querkräfte ganz wesentlich verkleinert. Die Durchstanzbeanspruchung sinkt damit auf einen Bruchteil des ursprünglichen Wertes.

### 2.5 Beanspruchung auf Durchstanzen

An einem Ausschnitt der bereits betrachteten Decke können die prinzipiellen Durchstanzverhältnisse charakterisiert werden (Bild 5). Die Spannkabel sind, wie schon erwähnt, so angeordnet, dass sie den Durchstanzkörper durchdringen. Dadurch wirken die abwärts gerichteten Umlenkkräfte ausschliesslich im Bereich des Durchstanzkörpers, werden direkt auf die Stützen abgetragen, und sind an der Beanspruchung auf Durchstanzen *nicht beteiligt*.

Auf die Durchstanzbeanspruchung wirken sich daher nur die Lasten und (nach oben gerichteten) Umlenkkräfte ausserhalb des Durchstanzkörpers aus, woraus sich folgende, für die Stützstreifen-Vorspannung typische Eigenschaft ergibt: Die Beanspruchung auf Durchstanzen  $D$  ist nicht mehr - wie bei Stahlbeton-Flachdecken und bei Flachdecken mit verteilten Spannkabeln - nahezu gleich gross wie der maximale Stützendruck, sondern *um die nach oben gerichteten Umlenkkräfte aus Vorspannung abgemindert*:

$$D = G + P - U; \quad G(t) = g I_x I_y$$

$$P(t) = p I_x I_y$$

$$U(t) = \text{Umlenkraft pro Feld } I_x I_y$$

Optimale Durchstanzverhältnisse erreicht man, wenn die Grösse der pro Feld resultierenden Umlenkraft  $U_0$  so bestimmt wird, dass die maximale nach oben gerichtete Durchstanzbeanspruchung (ohne Nutzlast, zur Zeit  $t = 0$ ) denselben Betrag aufweist, wie die maximale, nach unten gerichtete Durchstanzbeanspruchung (mit Nutzlast, zur Zeit  $t = \infty$ ). Wird zur Berücksichtigung der Spannkraftverluste als mittlerer Wert  $V_\infty/V_0 = 0,85$  angenommen, so ergibt sich bei optimaler Bemessung der Vorspannkraft folgendes Ergebnis:

$$U_0 = 1,08 G + 0,54 P \quad (U_0 = U_{0x} + U_{0y})$$

$$\text{max. } D = 0,08 G + 0,54 P$$

Für diesen Fall wird somit das Verhältnis von Durchstanzbeanspruchung zu maximalem Stützendruck:

$$\frac{D}{G + P} = 0,54 - 0,46 \frac{g}{g + p}$$

Die Grenzen der Durchstanzbeanspruchung liegen in diesem Fall somit zwischen 8% und 54% des maximalen Stützendruckes. In diesem Verhältnis (Bild 6) kommt auch die Verbesserung gegenüber den konventionellen Flachdecken deutlich zum Ausdruck, liegt doch die Durchstanzbeanspruchung sowohl bei schlaff bewehrten Flachdecken, wie auch bei solchen mit verteilten Spannkabeln, nur geringfügig unterhalb des maximalen Stützendruckes. In sehr vielen Fäl-

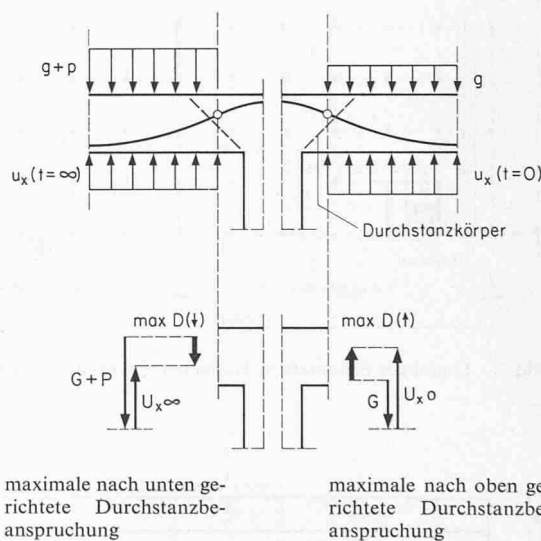


Bild 5. Durchstanzbeanspruchung bei Flachdecken mit Stützstreifen-Vorspannung (nur ausserhalb des Durchstanzkörpers angreifende Kräfte betrachtet)

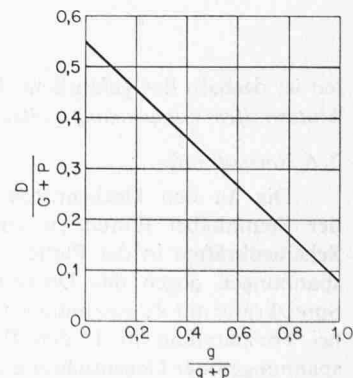


Bild 6. Verhältnis von Durchstanzbeanspruchung zu maximalem Stützendruck bei optimaler Stützstreifen-Vorspannung  
 $V_\infty/V_0 = 0,85; U_0 = U_{0x} + U_{0y}; U_0 = 1,08 G + 0,54 P$

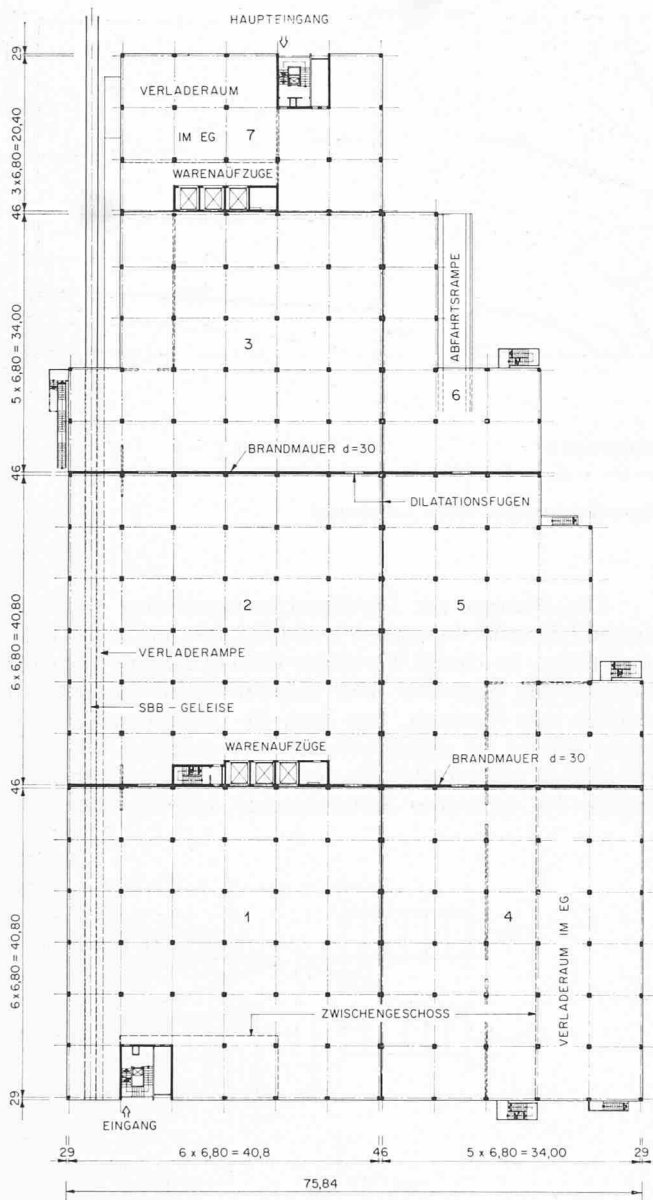


Bild 7. Lagerhaus Schöntalhof, Rapperswil, Grundriss 1:1000

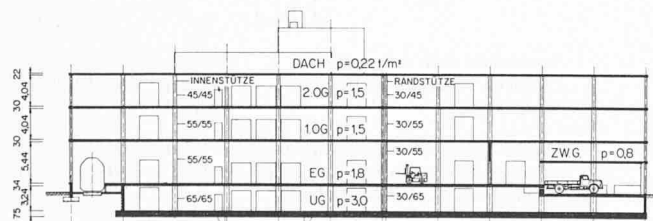


Bild 8. Schnitt durch die Bauteile 1 und 4 im Massstab 1:1000

len ist deshalb das gefährliche *Durchstanzproblem mittels der Stützstreifen-Vorspannung weitgehend entschärft!*

## 2.6 Normalkräfte

Die an den Deckenrändern angreifenden Ankerkräfte der Spannkabel führen zu vorwiegend günstig wirkenden Scheibenkräften in der Platte. Die Ausbreitung der Druckspannungen gegen das Deckeninnere ergibt die bekannten Spreizkräfte mit Zugspannungen. Deren Grösse wird allerdings bei Vorspannung in beiden Richtungen durch die Druckspannungen der Gegenrichtung abgemindert oder überdrückt.

## 2.7 Bemessung und Nachweise

Nach Wahl der Deckenstärke wird die Vorspannung im allgemeinen so bestimmt, dass optimale Druckstanzverhältnisse vorliegen. Für die – aus Lasten und Vorspannung – resultierenden Biegemomente sowie die aus den Ankerkräften verursachten Normalkräfte, wird die noch erforderliche *schlaffe Bewehrung* ermittelt. Werden dieser Bemessung auf Biegung und Normalkraft einerseits erhöhte Beanspruchungen, andererseits reduzierte Materialfestigkeiten zugrunde gelegt, sind gleichzeitig die Kriterien der *Sicherheit* auf Biegung erfüllt (vgl. Jörg Schneider: Überlegungen zu einem konkreten Sicherheitsbegriff, «SBZ» 1971, H. 29, S. 731–736).

Der Schubspannungsnachweis lässt sich dann gemäss Richtlinie 18 der SIA-Norm 162, jedoch ebenfalls für erhöhte Lasten, im Sinne einer Sicherheitsbetrachtung, durchführen.

Zur Vereinfachung dieser Aufgaben sind verschiedene Arbeitsunterlagen bereitgestellt worden, die laufend ergänzt werden. So liegen zum Beispiel Schnittkraft-Tabellen für Flachdecken mit konstantem Stützenraster vor, die unter Berücksichtigung von Rand- und Eckfeldern die Plattenmomente, Scheibenkräfte und Stützenkräfte für ungünstig verteilte äussere Lasten und Stützstreifen-Vorspannung enthalten.

Aus den hier skizzierten grundsätzlichen Angaben ergibt sich, dass die Stahlton-Stützstreifen-Vorspannung die Realisierung technischer und statisch konstruktiver Vorteile ermöglicht, die in verschiedener Hinsicht willkommen sind. Das nachstehend beschriebene Objekt ist ein erstes grösseres Beispiel dafür.

## 3. Die vorgespannten Flachdecken des Lagerhauses Schöntalhof AG in Rapperswil

Das in den Bildern 7 und 8 dargestellte Lagerhaus im Fahrshachen bei Rapperswil (Kanton Aargau) weist bei rund 138 m grösster Länge, 76 m Breite und 18 m Höhe einen umbauten Raum von rund 157000 m<sup>3</sup> auf. Die gesamte Deckenfläche beträgt rund 36000 m<sup>2</sup>. Das grösste durch Dilatationsfugen abgegrenzte Deckenfeld misst 40,80 m auf 40,80 m. Gegründet ist das Gebäude auf mächtigen Kies-Sandablagerungen, und zwar, infolge der möglichen Schwankungen des Grundwasserspiegels, auf einer durchgehenden, 75 cm starken Fundamentplatte.

### 3.1 Varianten

Die recht beträchtlichen Abmessungen des Bauwerkes rechtfertigten eingehende Voruntersuchungen bezüglich der zu wählenden Deckenkonstruktion. Bei gegebenem Gebäudeumriss und quadratischem Stützenraster von 6,80 m sowie gegebenen Nutzlasten der einzelnen Stockwerke galt es, die technisch und wirtschaftlich günstigste Konzeption zu finden. Untersucht wurden Pilzdecken mit Pilzen und Stützen aus Beton oder Stahl, Decken mit Unterzügen, konventionelle (das heisst nur schlaff armierte) Flachdecken und vorgespannte Flachdecken. Vorfabrizierte Elemente kamen aus verschiedenen Gründen nicht in Frage.

Die ersten Auskünfte von Vorspannfirmen über vorgespannte Flachdecken für diesen Bau lauteten alle eher negativ. Die Begründung war, dass die Spannweite zu klein und die Nutzlasten zu gross seien. Eingehende Abklärungen und Preisvergleiche führten dann jedoch zu dem überraschenden Ergebnis, dass die Ausführung der drei unteren Decken als *Flachdecken mit Stützstreifen-Vorspannung* rund 10% billiger wurden als konventionelle Flachdecken. Die Variante mit Unterzügen, die ebenfalls etwas billiger als die konventionelle Flachdecke war, wurde aus schaltechnischen Gründen und hauptsächlich wegen des ungünstigeren Bauprogramms ausgeschlossen.



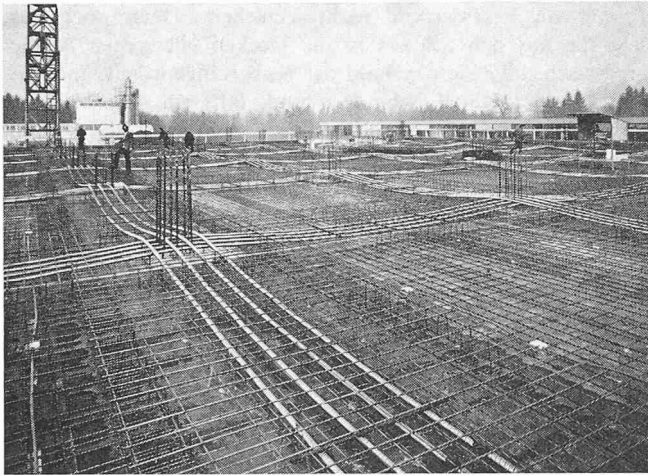


Bild 9. Bewehrungsbild mit verlegten Spannkabeln. Lagerhaus Schöntalhof, Ruppertswil, März 1973

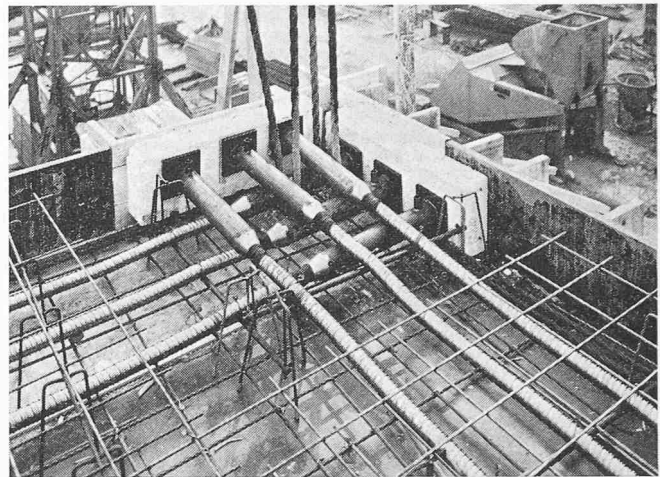


Bild 10. Verankerungszone bei einer Eckstütze. Lagerhaus Schöntalhof, Ruppertswil, März 1973

### 3.2 Gewähltes System

Trotz verschiedener, in diesem Stadium noch ungelöster Probleme wurde beschlossen, Flachdecken mit Stützstreifen-Vorspannung auf Betonstützen zu bauen. Ferner wurde beschlossen, wegen der stark exzentrischen Gebäudekerne die Abstände zwischen den Dilatationsfugen nicht grösser als 41 m auszuführen. Noch grössere Abstände wären auch wegen der grossen Reibungsverluste beim Vorspannen nicht mehr tragbar gewesen, musste doch des Bauvorganges wegen (Bild 7) einseitig vorgespannt werden. Ausschlaggebend für den Entscheid wurden nebst preislichen Vorteilen vor allem das günstige Bauprogramm infolge der kurzen Ausschalfrieten sowie die Grösse der Deckenfelder.

### 3.3 Konstruktive Gesichtspunkte

Nachdem im zweiten Abschnitt die statischen Probleme und deren Lösung generell aufgezeigt wurden, sollen nun im folgenden die wesentlichen konstruktiven Gesichtspunkte beschrieben werden.

#### 3.3.1 Untere Decken

##### Anordnung der Spannkabel

Bei der Bestimmung der Anzahl, Grösse und Lage der Kabel spielen eine Vielzahl von vorwiegend geometrischen Bedingungen eine Rolle. Beim vorliegenden Bau wurden bei Deckenstärken von 30 und 34 cm als Innenkabel (innerer Kabelstrang) 4 Kabel zu  $V_0 = 69$  t in Abständen von 24 cm pro Stützstreifen verwendet, welche die Bedingungen erfüllen, dass sie innerhalb des Durchstanzkörpers sich über den Innen- und Randstützen befinden und dass die festen und beweglichen Anker zwischen der Armierung der Randstütze haben. Als Randkabel (Kabelstrang entlang des freien Deckenrandes) hatte man im Vorprojekt 2 Kabel zu  $V_0 = 69$  t vorgesehen. Da bei geradliniger Führung sich diese Kabel bei der Eckstütze nicht kreuzen lassen, nahm man mit 3 Kabeln zu  $V_0 = 35$  t im Abstand von 22 cm eine etwas zu kleine Vorspannkraft in Kauf. Es ist nämlich nicht zu übersehen, dass die Druckkraft, welche diese Randkabel im Beton erzeugen, durch Spaltzugkräfte abgemindert wird, die von den Kabeln senkrecht zum freien Rand stammen. Während die 3 Randkabel über den Randstützen knapp innerhalb des Durchstanzkörpers liegen, fällt über den Eckstützen ein Kabel ausserhalb desselben und kann für die Reduktion der Durchstanzbeanspruchung nicht mehr berücksichtigt werden. Die Kreuzung der 6 Kabel bei den Eckstützen (Bild 10) konnte gerade noch so durchgeführt werden, dass die Höhen-

lage der Kabel innerhalb des mittleren Drittels der Deckenstärke zu liegen kam. Dazu waren allerdings Spiralen mit besonders kleinem Durchmesser bei den festen Ankern notwendig.

##### Verankerungszonen

Die Grösse des Deckenvorsprungs über die Randstützen hinaus spielt stets eine wichtige Rolle. Bei den festen Ankern, den S-Ankern nach System BBRV, war kein Vorsprung erforderlich, indem die Ankerplatten etwas verkleinert werden konnten, damit sie zwischen den Armierungseisen der Stützen genügend Platz fanden. Bei den beweglichen Ankern sollten die Spannischen nicht in den Stützenquerschnitt hineinragen. Durch die Wahl von B-Ankern anstelle der etwas billigeren A-Anker genügte ein Deckenvorsprung von 14 cm zur Einhaltung dieser Forderung.

##### Kabelhalter

Einige Mühe kostete das Auffinden von zweckmässigen und ausreichend stabilen Kabelhaltern. Über den Stützen kommen aus Rundstahl verschweisste Gestelle, bei denen jeder Kabelstrang in den Wendepunkten und im Scheitelpunkt gehalten wird, zur Anwendung. Als Träger der Halterung im Feld dienen 2 Stützbügel, an denen je ein vertikales Rundeisen im gleichen Herstellungsprozess zentrisch angeschweisst wird (Lieferant: P. Gander, Armexbauelemente, Thun). In diese vertikalen Rundeisen wird als horizontale Auflagertraverse ein an jedem Ende mit einem Loch versehenes Gasrohr eingefahren und auf der richtigen Höhenlage festgeschraubt. In Feldmitte verläuft das Gasrohr ausnahmsweise oberhalb der Kabel; die Kabel müssen dort aufgehängt werden (siehe Vordergrund Bild 9).

Auf diese Weise stehen alle 1,05 m ein Paar Stützbügel zur Auflagerung der oberen Armierung zur Verfügung.

##### Schlaffe Bewehrung

Als Armierung für die gesamthaft rund 33000 m<sup>2</sup> vorgespannten Flachdecken (einschl. Dach- und Zwischendecken) drängte sich die Verwendung von Netzen aus Stahl IV geradezu auf. Die zulässigen Stahlspannungen im Feld konnten dadurch mit 2,6 t/cm<sup>2</sup> vollständig ausgenutzt werden. In Zusammenarbeit mit der Beratungsstelle für Armierungsnetze (von Roll AG in Zürich) wurden 7 Formen von bis zu 2,60 m breiten Spezialnetzen entworfen. Unter Berücksichtigung der verschiedenen grossen Durchmesser (5 bis 11 mm) konnte man für den ganzen Bau mit 13 Positionen auskommen. Bestellt wurden sämtliche Netze in 3 Teilbestellungen

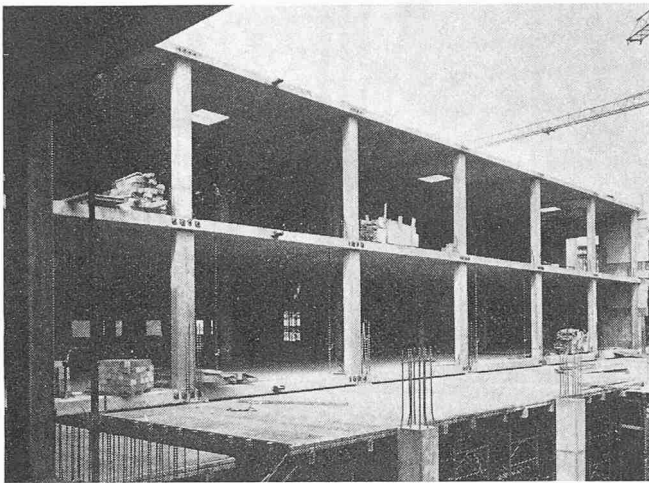


Bild 11. Ansicht einer fertigen Baustufe. Die Stützstreifen werden durch die sichtbaren Verankerungen deutlich markiert. Lagerhaus Schöntalhof, Rapperswil, August 1973

zu rund 100 t. Über den Stützen mussten die Eisenabstände der unteren quadratischen Netze von 2,60 m Seitenlänge so bestimmt werden, dass die Netze leicht über die Stützeisen hinuntergeführt werden konnten. In den Eckfeldern wurden die unteren Netze im Feld kreuzweise aufeinander gelegt. Die obere Bewehrung über den Stützen wurde nicht mit Netzen, sondern mit Einzelstäben bis zu 20 mm Durchmesser im Abstand von 12,5 cm ausgeführt, wobei, um die Kabel möglichst hoch legen zu können, die vier zentralen Eisen in der obersten Lage immer auf 12 mm Durchmesser beschränkt wurden. Mit Ausnahme der Dachdecke wurden auch überall im Feld obere konstruktive Netze auf Stützkörbe zur Verringerung der Rissgefahr des Hartbetonbelages bei ungünstiger Nutzlastanordnung verlegt.

### 3. 32 Dachdecke

Hier sind die konstruktiven Probleme ähnlich gelagert wie bei den 3 unteren Decken. Während bei den unteren Decken bei der Verwendung von Kabeln  $V_0 = 35$  und 69 t eine Deckenstärke von 30 cm aus konstruktiven Gründen nicht mehr unterschritten werden sollte, stellt beim Dach bei der Verwendung von 0,6"-Litzen-Cona-Kabeln zu 18 t eine Deckenstärke von 22 cm etwa das Minimum dar. Es wurden im Dach nach dem gleichen Prinzip der Stützstreifen-Vorspannung Stränge zu 4 Innenkabeln und 2 Randkabeln verwendet, deren Kreuzungspunkte in den Rand- und Eckenstützen ebenso knapp ausfielen wie bei den Decken

$d = 30$  cm. Erschwerend wirkt sich beim Dach noch aus, dass die aus den Stützen in die Decken gebogenen Armierungseisen, falls sie oberhalb der Kabel angeordnet sind, das Verlegen der Kabel behindern und, falls sie unterhalb der Kabel ungefähr in Plattenmitte liegen, weniger wirksam sind. Aus diesem Dilemma heraus entschloss man sich, die Anschlusseisen aus den Stützen von den Stützeisen getrennt als stabile Körper in der genauen Höhenlage  $\pm 5$  mm zu verlegen und gleichzeitig als Kabelhalter zu verwenden.

### 3. 4 Erfahrungen

Die beim vorliegenden Lagerhaus gemachten Erfahrungen lauten kurz zusammengefasst wie folgt:

Unter Berücksichtigung der verbrauchten Massen und den vertraglichen Preisen kommen die mit *Stützstreifen-Vorspannung* ausgeführten drei unteren Flachdecken ( $d = 34$  und 30 cm) rund 10% billiger als die üblichen konventionellen Flachdecken, während die oberste Decke (Dach  $d = 22$ ) ungefähr gleich teuer wird. Die Vorteile dieser Vorspannung liegen jedoch auch beim Dach darin, dass durch die kürzeren Ausschallfristen die Bauzeit verkürzt wird und ein rissfreies Gebäude praktisch ohne Durchbiegungen entsteht.

Das Bauvorhaben wurde gemäss nachstehendem Zeitplan verwirklicht:

- Ausarbeitung des Vorprojektes, Baueingabe und GU-Offerte im Frühjahr 1972
- Bauauftrag im Sommer 1972
- Beginn im Herbst 1972

Obwohl man im Herbst 1972 mit dem Aushub und den nachfolgenden Fundamentplatten nur langsam vorankam (Grundwasser) und die erste vorgespannte Flachdecke erst anfangs März 1973 betonierte, konnte die letzte Decke Ende Oktober 1973 fertiggestellt werden. Nicht unerwähnt bleiben soll jedoch, dass ein solcher Bau an alle Beteiligten hohe Anforderungen stellt, und dass für die recht anspruchsvollen statischen und zeichnerischen Arbeiten eine etwas grössere Vorbereitungszeit benötigt wird, als bei einem rein konventionellen Bau.

#### Beteiligte Firmen:

Bauherr:	Schöntalhof AG, Zürich
Generalunternehmer:	Zschokke Schäfer, Baul. Gesamtanlagen, Aarau
Architekturbureau:	Barth und Zaugg, Aarau
Ingenieurbureau:	AG Conrad Zschokke, Zürich
Baumeisterarbeiten:	Ad. Schäfer & Cie. AG, Aarau
Vorspannarbeiten:	Stahlton AG, Zürich

Adressen der Verfasser: Kurt Stamm, dipl. Ing. ETH, Stahlton AG, Zürich, und Ralph Kaegi, dipl. Ing. ETH, AG Conrad Zschokke, Zürich.

## Beitrag zur Vorspannung der Platten durch beliebig verlaufende Spannglieder

Von F. Yüksel, Zürich

DK 624.04:624.073

*Es wurde eine Methode entwickelt, welche erlaubt, die Vorspannung der Platten durch beliebig verlaufende räumliche Vorspannglieder zu berechnen. Für ein lineares Spannglied wurde die Durchbiegungsfunktion angegeben. Als interessanter Sonderfall wurde eine Quadratplatte mit Diagonalspannglied behandelt und festgestellt, dass die Durchbiegungsfunktion geschlossen dargestellt werden kann.*

### 1. Einführung

Die Vorspannung wurde vor allem für die Stabwerke entwickelt und in zahlreichen Büchern erschöpfend behandelt. Die

sinngemässe Anwendung derselben auf die Flächentragwerke wird überall dort verwirklicht, wo das innere statische Kräftefeld des Tragwerkes infolge Vorspannung genügend bekannt ist. Da dies aber nur für besondere Kabelführungen der Fall ist, fehlt eine allgemeine Behandlungsmethode für Flächentragwerke im allgemeinen, und für Platten im besonderen. Die vorliegende Arbeit soll dazu helfen, bei der theoretischen Behandlung dieses Problemkreises einen Beitrag zu leisten. Es wird dabei nicht auf die Problematik der Scheibenwirkung eingegangen, da diese im Rahmen dieses Beitrages nicht behandelt werden kann.